

PAT-NO: JP02002181683A

DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 2002181683 A

TITLE: METHOD OF FORMING OPTICAL APERTURE AND NEAR-FIELD
OPTICAL DEVICE FABRICATED THEREBY

PUBN-DATE: June 26, 2002

INVENTOR-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
ARAWA, TAKASHI	N/A
KATO, KENJI	N/A
OMI, MANABU	N/A
ICHIHARA, SUSUMU	N/A
MITSUOKA, YASUYUKI	N/A
KASAMA, NOBUYUKI	N/A
MAEDA, HIDETAKA	N/A
SHINOHARA, YOKO	N/A

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
SEIKO INSTRUMENTS INC	N/A

APPL-NO: JP2000377253

APPL-DATE: December 12, 2000

INT-CL (IPC): G01N013/14, G12B021/06

ABSTRACT:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a method of forming optical apertures serving as sources where near-field light beams are generated and detected, and a near-field optical device fabricated by the method.

SOLUTION: A method of fabricating the near-field optical device includes

forming optical apertures in the ends of a conical tip by causing displacement of a pressing element, using a force with a component going toward the tip, relative to a body in which the apertures are to be formed and which consists of the tip, stoppers positioned near the tip and each having approximately the same height as the tip, and a light-blocking film formed at least over each tip, with the pressing element having such a rough plane that covers at least the tip and at least a portion of each stopper.

COPYRIGHT: (C)2002,JPO

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2002-181683
(P2002-181683A)

(43) 公開日 平成14年6月26日 (2002.6.26)

(51) Int.Cl.⁷

G 0 1 N 13/14
G 1 2 B 21/06

識別記号

F I

G 0 1 N 13/14
G 1 2 B 1/00

テマコード^{*}(参考)

B
6 0 1 C

審査請求 未請求 請求項の数 9 O L (全 19 頁)

(21) 出願番号

特願2000-377253(P2000-377253)

(22) 出願日

平成12年12月12日 (2000.12.12)

(71) 出願人 000002325

セイコーインスツルメンツ株式会社
千葉県千葉市美浜区中瀬1丁目8番地

(72) 発明者 新輪 隆

千葉県千葉市美浜区中瀬1丁目8番地 株
式会社エスアイアイ・アールディセンター
内

(72) 発明者 加藤 健二

千葉県千葉市美浜区中瀬1丁目8番地 株
式会社エスアイアイ・アールディセンター
内

(74) 代理人 100096378

弁理士 坂上 正明

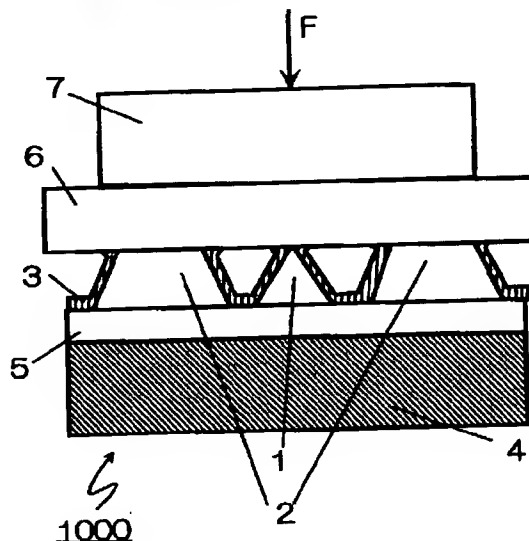
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光学的な開口の形成方法とその形成方法によって作製される近接場光デバイス

(57) 【要約】

【課題】 本発明の課題は、近接場光の発生・検出源となる光学的な開口の形成方法とその形成方法によって作製された近接場光デバイスを提供することである。

【解決手段】 錐状のチップと前記チップの近傍に配置され、前記チップと略同じ高さを有するストッパーと、少なくとも前記チップ上に形成された遮光膜からなる被開口形成体に対して、少なくとも前記チップおよび前記ストッパーの少なくとも一部を覆うような略平面を有する押し込み体を、前記チップに向かう成分を有する力によって変位させることによって、前記チップ先端に光学的な開口を形成することを特徴とする近接場光デバイスの製造方法とした。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 錐状のチップと、

前記チップの近傍に配置され、前記チップと略同じ高さを有するストッパーと、

少なくとも前記チップ上に形成された遮光膜からなる被開口形成体に対して、

少なくとも前記チップおよび前記ストッパーの少なくとも一部を覆うような略平面を有する押し込み体を、前記チップに向かう成分を有する力によって変位させることによって、前記チップ先端に光学的な開口を形成する押し開け工程を含むことを特徴とする近接場光デバイスの製造方法。

【請求項2】 前記ストッパーが、前記押し込み体の変位制御機能を有することを特徴とする請求項1に記載の近接場光デバイスの製造方法。

【請求項3】 前記ストッパーの一部が、エアベアリングサーフェスであることを特徴とする請求項1または2に記載の近接場光デバイスの製造方法。

【請求項4】 前記チップが複数形成されており、そのうち一つの前記チップに前記開口を形成する際に、その周辺の前記チップが前記ストッパーとして機能することを特徴とする請求項1または2に記載の近接場光デバイスの製造方法。

【請求項5】 前記ストッパーとして機能する前記チップの一つ以上に前記開口を形成する事を特徴とする請求項4に記載の近接場光デバイスの製造方法。

【請求項6】 前記ストッパーが、前記チップの周囲に規則性を持って配列された凸部であり、少なくとも前記凸部上に前記遮光膜が形成されていることを特徴とする請求項1または請求項2に記載の近接場光デバイスの製造方法。

【請求項7】 前記凸部および前記チップに形成される前記遮光膜が、金、銀、銅のいずれかの材料であることを特徴とする請求項5に記載の近接場光デバイスの製造方法。

【請求項8】 前記ストッパーが、前記チップの位置をわかりやすくするためのアライメントマークであることを特徴とする請求項1または請求項2に記載の近接場光デバイスの製造方法。

【請求項9】 請求項1から7いずれか記載の近接場光デバイスの製造方法によって作製されたことを特徴とする近接場光デバイス。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 この発明は、近接場光の発生・検出源となる光学的な開口の形成方法とその形成方法によって作製された近接場光デバイスに関するものである。

【0002】

【従来の技術】 試料表面においてナノメートルオーダの

微小な領域を観察するために走査型トンネル顕微鏡（STM）や原子間力顕微鏡（AFM）に代表される走査型プローブ顕微鏡（SPM）が用いられている。SPMは、先端が先鋭化されたプローブを試料表面に走査させ、プローブと試料表面との間に生じるトンネル電流や原子間力などの相互作用を観察対象として、プローブ先端形状に依存した分解能の像を得ることができるが、比較的、観察する試料に対する制約が厳しい。

【0003】 そこでいま、チップ先端に形成された開口から照射される近視野光と試料との間に生じる相互作用を観察対象とすることで、試料表面の微小な領域の観察を可能にした近視野光学顕微鏡（SNOM）が注目されている。

【0004】 近視野光学顕微鏡においては、先鋭化された光ファイバーの先端に設けられた開口から近視野光を試料の表面に照射する。開口は、光ファイバーに導入される光の波長の回折限界以下の大きさを有しており、たとえば、100nm程度の直径である。プローブ先端に形成された開口と試料間の距離は、SPMの技術によって制御され、その値は開口の大きさ以下である。このとき、試料上での近視野光のスポット径は、開口の大きさとほぼ同じである。したがって、試料表面に照射される近視野光を走査することで、微小領域における試料の光学物性の観測を可能としている。

【0005】 顕微鏡としての利用だけでなく、光ファイバープローブを通して試料に向けて比較的強度の大きな光を導入させることにより、光ファイバープローブの開口にエネルギー密度の高い近視野光を生成し、その近視野光によって試料表面の構造または物性を局所的に変更させる高密度な光記録としての応用も可能である。強度の大きな近視野光を得るために、プローブ先端の先端角を大きくすることが試みられている。

【0006】 近視野光を利用したデバイスにおいて、開口の形成が最も重要である。開口の作製方法の一つとして、特許公報平5-21201に開示されている方法が知られている。開口を形成するプローブとして、先鋭化した光波ガイドに遮光膜を堆積したものをを用いている。開口の作製方法は、遮光膜付きの先鋭化した光波ガイドを圧電アクチュエータによって良好に制御された非常に小さな押しつけ量で硬い平板に押しつけることによって、先端の遮光膜を塑性変形させている。

【0007】 また、開口の形成方法として、特開平11-265520に開示されている方法がある。開口を形成する対象は、平板上に集束イオンビーム（FIB）によって形成された突起先端である。開口の形成方法は、突起先端の遮光膜に、側面からFIBを照射し、突起先端の遮光膜を除去することによって行っている。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、特許公報平5-21201の方法によれば、光波ガイド一本ずつしか

開口を形成する事ができない。また、特許公報平5-21201の方法によれば、移動分解能が数nmの圧電アクチュエータによって押し込み量を制御する必要があるため、開口形成装置を空気などの振動による影響が少ない環境におかなくてはならない。また、光波ロッドが平板に対して垂直に当たるように調整する時間がかかってしまう。また、移動量の小さな圧電アクチュエータの他に、移動量の大きな機械的並進台が必要となる。さらに、移動分解能が小さな圧電アクチュエータをもちいて、押し込み量を制御するさいに、制御装置が必要であり、かつ、制御して開口を形成するためには数分の時間がかかる。したがって、開口作製のために、高電圧電源やフィードバック回路などの大がかりな装置が必要となる。したがって、開口形成にかかるコストが高くなる問題があった。

【0009】また、特開平11-265520の方法によれば、加工対象は平板上の突起であるが、FIBを用いて開口を形成しているため、一つの開口の形成にかかる時間が10分程度と長い。また、FIBを用いるために、試料を真空中におかなければならない。従って、開口作製にかかる作製コストが高くなる問題があった。

【0010】

【課題を解決するための手段】本発明は、上記の問題に鑑みてなされたものであり、錐状のチップと前記チップの近傍に配置され、前記チップと略同じ高さを有するストッパーと、少なくとも前記チップ上に形成された遮光膜からなる被開口形成体に対して、少なくとも前記チップおよび前記ストッパーの少なくとも一部を覆うような略平面を有する押し込み体を、前記チップに向かう成分を有する力によって変位させることによって、前記チップ先端に光学的な開口を形成する押し開け工程を含むことを特徴とする近接場光デバイスの製造方法とした。前記ストッパーが、前記押し込み体の変位制御機能を有することを特徴とする近接場光デバイスの製造方法とした。

【0011】したがって、押し込み体をチップ側に変位させ、その変位量が前記ストッパーによって制御されるため簡単に大きさのそろった小さな開口をチップ先端に形成する事ができる。

【0012】また、前記ストッパーの一部が、エアベアリングサーフェスであることを特徴とする近接場光デバイスの製造方法とした。

【0013】したがって、エアベアリングサーフェス（以下、ABSとする）を有する近接場デバイスは、回転する記録媒体上を数10～100nm程度の高さとで浮上することができ、かつ、開口がABSを含む面内付近に位置していることから、開口から出射される近接場光を効率良く記録媒体上に照射することができる。したがって、近接場光を利用した高密度な光記録再生用ヘッドを提供できる。また、開口形成方法として押し開け工程を利用できるため、光記録再生用ヘッドを安価に提供する

ことができる。安価な光記録再生用ヘッドによって、光記録再生装置も安価に提供することができる。

【0014】前記チップが複数形成されており、そのうち一つの前記チップに前記開口を形成する際に、その周辺の前記チップが前記ストッパーとして機能することを特徴とする近接場光デバイスの製造方法とした。また、前記ストッパーとして機能する前記チップの一つ以上に前記開口を形成する事を特徴とする近接場光デバイスの製造方法とした。

10 【0015】したがって、前記ストッパーを特別に準備することなく、チップを複数形成するだけで押し開け工程を用いてチップ先端に開口を形成することができる。また、チップの間隔を狭くすることができるため、同一面内に多数のチップおよび開口を形成する事ができる。

【0016】前記ストッパーが、前記チップの周囲に規則性を持って配列された凸部であり、前記凸部状に前記遮光膜が形成されていることを特徴とする近接場光デバイスの製造方法とした。また、前記凸部および前記チップに形成される前記遮光膜が、金、銀、銅のいずれかの材料であることを特徴とする近接場光デバイスの製造方法とした。

20 【0017】したがって、前記凸部および開口に光を入射することによって、表面プラズモン効果を発生させることができ、開口だけが形成された場合に比べて、2倍以上の光量をもつ近接場光を発生させることができる。

【0018】前記ストッパーが、前記チップの位置をわかりやすくするためのアライメントマークであることを特徴とする近接場光デバイスの製造方法とした。

30 【0019】したがって、チップと押し込み手段との位置あわせが容易となり、安定して開口を形成する事ができる。

【0020】また、請求項1から7いずれか記載の近接場光デバイスの製造方法によって作製されたことを特徴とする近接場光デバイスとした。

【0021】したがって、開口形成方法に費用がかからないため、安価な近接場光デバイスを安定して供給することができる。

【0022】

【発明の実施の形態】以下、本発明の開口の形成方法およびその形成方法によって作製される近接場光デバイスについて、添付の図面を参照して詳細に説明する。

【0023】（実施の形態1）図1から図3は、本発明の実施の形態1に係る開口の形成方法について説明した図である。図1に示すワーク1000は、基板4上に形成された透明層5、透明層5の上に形成された錐状のチップ1および尾根状のストッパー2、チップ1、ストッパー2および透明層5の上に形成された遮光膜3からなる。なお、ワーク1000において、透明層5は、必ずしも必要ではなく、その場合、遮光膜3は、チップ1、ストッパー2および基板4上に形成される。また、遮光膜3は、チ

チップ1にだけ堆積されていてもよい。

【0024】チップ1の高さH1は、数 μm 以下であり、ストッパー2の高さH2は、数 μm 以下である。高さH1と高さH2の差は、1000nm以下である。チップ1とストッパー2の間隔は、数 μm 以下である。また、遮光膜3の厚さは、遮光膜3の材質によって異なるが、数10nmから数100nmである。

【0025】チップ1、ストッパー2および透明層5は、二酸化ケイ素やダイヤモンドなどの可視光領域において透過率の高い誘電体や、ジंकセレンやシリコンなどの赤外光領域において透過率の高い誘電体や、フッ化マグネシウムやフッ化カルシウムなどの紫外光領域において透過率の高い材料を用いる。また、チップ1の材料は、開口を通過する光の波長帯において少しでもチップ1を透過する材料であれば用いることができる。また、チップ1、ストッパー2および透明層5は、同一の材料で構成されても良いし、別々の材料で構成されても良い。遮光膜3は、たとえば、アルミニウム、クロム、金、白金、銀、銅、チタン、タングステン、ニッケル、コバルトなどの金属や、それらの合金を用いる。

【0026】図2は、開口を形成する方法において、チップ1上の遮光膜3を塑性変形させている状態を示した図である。図1で示したワーク1000の上に、チップ1および少なくともストッパー2の一部を覆い、かつ、少なくともチップ1およびストッパー2側が平面である板6を載せ、さらに板6の上には、押し込み用具7を載せる。押し込み用具7にチップ1の中心軸方向に力Fを加えることによって、板6がチップ1に向かって移動する。チップ1と板6との接触面積に比べて、ストッパー2と板6との接触面積は、数100～数万倍も大きい。したがって、与えられた力Fは、ストッパー2によって分散され、結果として板6の変位量は小さくなる。板6の変位量が小さいため、遮光膜3が受ける塑性変形量は非常に小さい。また、チップ1およびストッパー2は、非常に小さな弾性変形を受けるのみである。力Fの加え方は、所定の重さのおもりを所定の距離だけ持ち上げて、自由落下させる方法や、所定のバネ定数のバネを押し込み用具7に取り付け、所定の距離だけバネを押し込む方法などがある。板6が、遮光膜よりも堅く、チップ1およびストッパー2よりも柔らかい材料である場合、チップ1およびストッパー2が受ける力は、板6によって吸収されるため、板6の変位量がより小さくなり、遮光膜3の塑性変形量を小さくすることが容易となる。

【0027】図3は、力Fを加えた後に、板6および押し込み用具7を取り除いた状態を示した図である。遮光膜3の塑性変形量が非常に小さく、チップ1およびストッパー2が弾性変形領域でのみ変位しているため、チップ1の先端に開口8が形成される。開口8の大きさは、数 μm からチップ1を通過する光の波長程度の大きさである。なお、上記では、押し込み用具7とワーク1000の間

に板6が挿入されていたが、板6を除去して直接押し込み用具7で押し込むことによっても同様に開口8を形成できることは、いうまでもない。開口8に光を導入するために、基板4をチップ1の形成面と反対側からエッチングすることによって透明体5またはチップ1の少なくとも一部を露出させて、開口8への光の導入口を形成する。また、基板4を透明材料103で構成することによって、光の導入口を形成する工程を省くことができることは言うまでもない。

10 【0028】以上説明したように、本発明の開口作製方法によれば、ストッパー2によって板6の変位量を良好に制御することができ、かつ、板6の変位量を非常に小さくできるため、大きさが均一で小さな開口8をチップ1先端に容易に作製することができる。また、基板側から光を照射して、開口8から近視野光を発生させることができる。

【0029】次に、ワーク1000の製造方法を図4から図6を用いて説明する。図4は、基板材料104上に透明材料103を形成したのち、チップ用マスク101およびストッパー用マスク102を形成した状態を示している。図4(a)は上面図を示しており、図4(b)は、図4(a)のA-A'で示す位置における断面図を示している。透明材料103は、気相化学堆積法(CVD)やスピンコートによって基板材料104上に形成する。また、透明材料103は、固相接合や接着などの方法によっても基板材料104上に形成することができる。次に、透明材料103上にフォトリソグラフィ工程によって、チップ用マスク101及びストッパー用マスク102を形成する。チップ用マスク101とストッパー用マスク102は、同時に形成しても良いし、別々に形成しても良い。

【0030】チップ用マスク101およびストッパー用マスク102は、透明材料103の材質と次工程で用いるエッチャントによるが、フォトリソグレイや窒化膜などを用いる。透明材料103は、二酸化ケイ素やダイヤモンドなどの可視光領域において透過率の高い誘電体や、ジंकセレンやシリコンなどの赤外光領域において透過率の高い誘電体や、フッ化マグネシウムやフッ化カルシウムなどの紫外光領域において透過率の高い材料を用いる。

40 【0031】チップ用マスク101の直径は、たとえば数 μm 以下である。ストッパー用マスク102の幅W1は、たとえば、チップ用マスク101の直径と同じかそれよりも数10nm～数 μm だけ幅が広くても狭くてもよい。また、ストッパー用マスク102の長さは、数10 μm 以上である。

【0032】図5は、チップ1およびストッパー2を形成した状態を示している。図5(a)は上面図であり、図5(b)は、図5(a)のA-A'で示す位置の断面図である。チップ用マスク101およびストッパー用マスク102を形成した後、ウェットエッチングによる等方性エッチン

グによってチップ1およびストッパー2を形成する。透明材料103の厚さとチップ1およびストッパー2の高さの関係を調整することによって、図1に示す透明層5が形成されたり、形成されなかったりする。チップ1の先端半径は、数nmから数100nmである。この後、遮光膜をスパッタや真空蒸着などの方法で堆積する事によって、図1に示すワーク1000を形成する事ができる。また、遮光膜3をチップ1にだけ堆積する場合、遮光膜3の堆積工程において、チップ1上に遮光膜が堆積するような形状を有するメタルマスクを乗せてスパッタや真空蒸着などを行う。また、ワーク1000のチップが形成された面の全面に遮光膜3を堆積した後、チップ1にだけ遮光膜3が残るようなフォトリソグラフィ工程を用いることによって、チップ1上にだけ遮光膜3を形成する事ができることは言うまでもない。

【0033】図6および図7は、上記で説明したワーク1000の作製方法におけるチップ1とストッパー2の高さの関係を説明する図である。なお、以下では、チップ用マスク101の直径が、ストッパー用マスク102の幅よりも小さい場合について説明する。図6は、図5(a)で説明した工程において、チップ1とストッパー2だけを示した図であり、図7は、図6中B-B'で示す位置のチップ1と、図6中C-C'で示す位置のストッパー2の断面図である。

【0034】図7(a)は、チップ1がちょうど形成された状態を示した図である。ストッパー用マスク102の幅は、チップ用マスク101の直径よりも大きいので、図7(a)の状態では、ストッパー2の上面には、平らな部分が残る。この平らな部分上にストッパー用マスク102が残っている。しかしながら、チップ用マスク101は、チップ1との接触面積が非常に小さくなるため、はずれてしまう。図7(a)の状態では、チップ1の高さH11とストッパー2の高さH22は、同じである。

【0035】図7(b)は、図7(a)の状態からさらにエッチングを進め、ストッパー2上面の平らな部分がちょうどなくなった状態を示している。図7(a)の状態からさらにエッチングを行うと、チップ用マスク101が無いチップ1の高さH111は、徐々に低くなっていく。一方、ストッパー用マスクが残っているストッパー2の高さH222は、H22と同じままである。ストッパー2の上面の平らな部分の幅は、徐々に狭くなり、断面形状は図7(b)に示すように、三角形になる。このときのチップ1とストッパー2の高さの差 ΔH は、チップ用マスク101の直径とストッパー用マスク102の幅の差、および、チップ1とストッパー2の先端角によって異なるが、おおよそ1000nm以下程度である。

【0036】図7(c)は、図7(b)の状態からさらにエッチングを進めた状態を示している。チップ1の高さH1111は、高さH111よりも低くなる。同様に、ストッパー2の高さH2222も、高さH222よりも

小さくなる。しかし、高さH1111と高さH2222の減少量は、同じであるため、チップ1とストッパー2の高さの差 ΔH は、変化しない。なお、ストッパー用マスク102の幅が、チップ用マスク101よりも小さい場合は、チップ1とストッパー2の高さの関係が逆になるだけである。また、チップ用マスク101とストッパー用マスク102が等しい場合は、チップ1とストッパー2の高さが等しくなることは言うまでもない。

【0037】本発明のワーク1000の作製方法によれば、フォトリソグラフィ工程によってチップ1とストッパー2の高さの差 ΔH を良好に制御することができる。したがって、図1から図3で説明した開口作製方法において、板6の変位量を良好に制御することができる。また、ストッパー2の長さや幅は、チップ1に比べて十分大きく、ストッパーを肉眼や低倍の顕微鏡などで確認する事は容易である。したがって、ストッパー2を目印として用いることで、押し込み用具7とチップ1の位置あわせを行うことが容易になる。

【0038】以上説明したように、本発明の実施の形態1によれば、チップ1とストッパー2の高さを良好に制御することができ、かつ、ストッパー2を設けることによって板6の変位量を小さくすることができるため、分解能の高いアクチュエータを用いなくても、大きさが均一で微小な開口8をチップ1先端に形成する事が容易である。我々の実験では、手に持ったハンマーなどで、押し込み用具7を叩くだけで直径100nm以下の開口8を形成する事ができた。また、チップ1とストッパー2の高さが良好に制御されるため、開口8の作製歩留まりが向上した。また、本発明の実施の形態1で説明したワーク1000は、フォトリソグラフィ工程によって作製可能なため、ウエハなどの大きな面積を有する試料に、複数個作製することが可能であり、力Fを一定にすることによって複数個作製されたワーク1000それぞれに対して均一な開口径の開口8を形成する事ができる。また、力Fの大きさを変えることが非常に簡単であるため、複数個作製されたワーク1000に対して個別に開口径の異なる開口8を形成する事が可能である。また、単純に力Fを加えるだけで開口8が形成されるため、開口作製にかかる時間は数秒から数10秒と非常に短い。また、本発明の実施の形態1によれば、加工雰囲気は問わない。従って、大気中で加工する事が可能でありすぐに光学顕微鏡などで加工状態を観察できる。また、走査型電子顕微鏡中で加工することによって、光学顕微鏡よりも高い分解能で加工状態を観察することも可能である。また、液体中で加工することによって、液体がダンパーの役目をするため、より制御性の向上した加工条件が得られる。また、ストッパー2を目印として用い、押し込み用具7とチップ1の位置あわせを容易に行うことができる。

【0039】また、ワーク1000が複数個作製された試料に対して、一括で力Fを加えることによって、開口

径のそろった開口8を一度に複数個作製する事も可能である。一括で加工する場合、ウエハー一枚あたりのワーク1000の数にもよるが、開口1個あたりの加工時間は、数100ミリ秒以下と非常に短くなる。

【0040】(実施の形態2)次に、実施の形態1で詳述した開口形成方法を用いたSNOM用カンチレバーおよびその製造方法について、図8~10および図12~16を用いて説明する。

【0041】図16は、本発明の第2の実施例に関するSNOM用カンチレバー2000の構成を示した図である。SNOM用カンチレバー2000は、一般的な走査型プローブ顕微鏡用プローブと同様な形状を有しており、基部21上に形成された透明材料201からなるカンチレバー401と、透明材料201からなり基部21とは反対側に形成されたチップ1と、透明材料201上の基部21と反対側に形成された遮光膜3と、チップ1の先端に形成された開口8からなる。チップ1、開口8の形状および寸法は、実施の形態1と同じである。レバー401の長さは、50から1000 μ mである。レバー401の幅は、10 μ m以上である。レバー401の厚さは、数10nm以上である。透明材料201は、実施の形態1における透明材料103と同じである。遮光膜3の材料は、実施の形態1と同じである。

【0042】基部21側から、図示していないレンズや光ファイバーなどによって、図示していない光源からの光をチップ1に導入することによって、SNOM用カンチレバー2000は、開口8から近接場を試料に対して照射することができる。また、開口8によって検出した光を、基部21側に設置された図示していないレンズや光ファイバーなどによって集光する事によって、試料表面に発生した近接場を検出する事ができる。また、走査型プローブ顕微鏡の技術を用いて開口8が、試料上を走査することで試料の光学的特性の2次元分布を得ることができ、同時に試料の凹凸状態を得ることができる。

【0043】図12から図15は、チップ1、ストッパー2およびレバー401の位置関係を示した図である。

【0044】チップ1は、レバー401の先端近傍に位置する。ストッパー2は、チップ1の周囲に位置する。ストッパー2とレバー401は、互いに接触しないような配置となっている。たとえば、図12および図15に示すように、ストッパー2は、チップ1を中心として放射状にのびた構造である。このとき、ストッパー2の個数は、少なくとも2つ以上必要である。また、図13に示すようにレバー401の長さ方向に略平行に配置されたストッパー2でもよい。また、図14に示すように、チップ1を略中心とするような輪の一部を切り取った形状を有するストッパー2でもよい。

【0045】本発明の実施の形態2にかかるSNOM用カンチレバーの製造工程を、一例として図14に示すA-A'断面に対応する断面図である図8~図10を用いて説明す

る。なお、以下の説明では図面の上をおもて側、図面の下を裏側とする。

【0046】まず、図8(a)に示すように、裏面に裏面マスク203を有する基板202上に、CVD、スパッタ、スピニングなどの方法によって透明材料201を堆積する。また、透明材料201は、固相接合や接着などの方法によって基板202上に形成しても良い。透明材料201の材質は、実施の形態1における透明材料103と同様である。基板202は、単結晶シリコンを用いる。また、基板202は、単結晶シリコンの他に、ガラスや石英基板などを用いることもできる。透明材料201の厚さは、後ほど説明するチップ1の高さとレバー211の厚さの和程度である。

【0047】次に、図8(b)に示すように、フォトリソグラフィ工程によってチップ用マスク204とストッパー用マスク205を透明材料201上に形成する。チップ用マスク204およびストッパー用マスク205の材質は、透明材料201の材質と次工程で用いるエッチャントによるが、フォトリソグレイや窒化膜などを用いる。また、チップ用マスク204およびストッパー用マスク205の大きさは、実施の形態1で示したチップ用マスク101およびストッパー用マスク102と同じである。

【0048】次に、図8(c)に示すように、ウェットエッチングによる等方性エッチングによってチップ1およびストッパー2を形成する。このとき、図示していないが裏面マスク203上にフォトリソグレイなどの保護膜を形成しても良い。チップ1およびストッパー2を形成した後、チップ用マスク204およびストッパー用マスク205を除去する。

【0049】次に、図9(a)に示すように、フォトリソグラフィ工程によって、レバー用マスク206およびストッパー保護マスク210を形成する。レバー用マスク206は、チップ1を完全に覆うように形成する。レバー用マスク206およびストッパー保護マスク210の材質は、チップ用マスク204およびストッパー用マスク205と同じである。

【0050】次に、図9(b)に示すように、ウェットエッチングによる等方性エッチングによって透明材料201からなるレバー部212およびストッパー部213を形成する。また、レバー部212およびストッパー部213は、リアクティブイオンエッチングをはじめとするドライエッチングによって形成しても良い。また、このとき裏面の裏面マスク203をフォトリソグラフィ工程によってパターニングする。レバー部212およびストッパー部213を形成した後、レバー用マスク206およびストッパー用マスク206を除去する。

【0051】次に、図9(c)に示すように、おもて側から遮光膜207を、スパッタや真空蒸着などの方法によって堆積する。遮光膜207の材質および厚さは、本発明の実施の形態1で説明した遮光膜3と同じである。

【0052】次に、図10(a)に示すように、遮光膜207上にガラス板208を載せ、実施の形態1の図1から図3で説明した工程によって、開口8をチップ1の先端に形成する。

【0053】開口8を形成した後、図10(b)に示すように、遮光膜207上に保護膜209を形成する。保護膜209は、フォトリソトをはじめとする樹脂や、窒化シリコンをはじめとする誘電体である。

【0054】次に、図10(c)に示すように、裏面からテトラメチルアンモニウムハイドロキシド水溶液 (TMAH) や水酸化カリウム水溶液 (KOH) による結晶異方性エッチングによってカンチレバーをリリースする。また、カンチレバーのリリースは、ドライエッチングなどの方法によっても可能である。カンチレバーのリリース後、遮光膜207を裏面からエッチングすることによって、不要な遮光膜207を取り除く。

【0055】最後に、図10(d)に示すように、保護膜209を除去し、SNOM用カンチレバー2000が完成する。

【0056】以上説明したように、本発明の実施の形態2にかかるSNOM用カンチレバーの製造方法によれば、硬い基板上で開口を形成することができるため、本発明の実施の形態1で説明した開口形成方法を用いることができる。また、本発明の実施の形態2にかかるSNOM用カンチレバーの製造方法によれば、ストッパー2を除去する工程を含んでいるため、SNOM用カンチレバー2000の構成要素にストッパー2が含まれず、ストッパー2が測定の際の邪魔になるようなことがない。したがって、本発明の実施の形態2によれば、大きさが均一な開口を有するSNOM用カンチレバーを大量に製造することが容易である。また、本発明の実施の形態2にかかるSNOM用カンチレバーの製造方法によれば、ガラス板208の変位量が大きい場合、図17に示すようにチップ1の先端が遮光膜8よりも突出した構造となる。したがって、SNOM用カンチレバー2000を用いた場合、AFM像やSNOM像の分解能が向上する。また、開口形成にかかる費用が少ないため、SNOM用カンチレバーの製造コストを低減できる。また、任意の大きさの開口8を一枚のウエハ上に作製することができるため、さまざまな分解能を有するSNOM用カンチレバー2000を同時に作製することができる。

【0057】(実施の形態3) 次に、本発明の第3の実施の形態にかかるSNOM用カンチレバーの製造方法について説明する。図11は、SNOM用カンチレバーの製造方法を説明する図である。

【0058】図11(a)に至るまでの工程は、図8～図10(a)で説明した工程と同じである。図10(a)で説明した工程の後、図11(a)に示すように、保護膜209を少なくともチップおよびレバーを覆うように堆積する。このとき、ストッパー2は露出するようなパターンとする。

【0059】次に、ストッパー2上に堆積した遮光膜20

7をウエットエッチングやドライエッチングによって除去し、さらに、ストッパー2をウエットエッチングやドライエッチングによって除去する。図11(b)は、ストッパー2を除去した後の状態を示す。

【0060】最後に、図11(c)に示すように、裏面からTMAHやKOHによる結晶異方性エッチングによってカンチレバーをリリースする。

【0061】以上説明したように、本発明の第3の実施の形態によれば、カンチレバーのリリース工程前にストッパー2を除去するため、カンチレバーリリース工程でストッパー2による残留物が発生しない。したがって、カンチレバーやチップ表面にゴミなどの付着がより少なくなる。

【0062】(実施の形態4) 次に、本発明の第4の実施の形態にかかる近接場光を用いた光記録再生用ヘッドについて説明する。

【0063】図18は、近接場光をもちいた光記録再生用ヘッド4000の構成を説明する図である。図18(a)は、光記録再生用ヘッド4000を記録媒体と対向する側からみた図であり、図18(b)、(c)、(d)は、それぞれ、図18(a)中、A-A'、B-B'、C-C'の位置における断面図を示している。光記録再生用ヘッド4000は、スライダ基部45上と、チップ1、少なくともチップ1を覆う遮光膜3、チップ1の先端に形成された開口8、スキー部41と、スライダ基部45を貫通しチップ1に光を導入するための光導入口42から構成される。スキー部41は、スライダ面部43とステップ部44から構成される。チップ1、遮光膜3は、実施の形態1で述べた形状、材料からなる。また、スキー部41の高さH3は、チップ1の高さH1と同じか、チップ1の高さH1よりも100nm程度まで高くても良い。スキー部41の材料はチップ1と同じ材料が用いられる。スライダ基部45は、シリコンや二酸化珪素などの誘電体が用いられ、スライダ基部45の長さL4、幅W4、厚さT4は、それぞれ、0.5～5mm、0.5～5mm、100～1000μmである。スキー部の幅と長さは、たとえば、0.1～2mm、0.2～4.8mmである。

【0064】図19は、光記録再生装置4000の簡単な装置構成を示した図である。以上に説明した光記録再生用ヘッド4000を記録媒体4004上に配置し、開口8から出射される近視野光によって情報記録及び再生を行う方法を説明する。

【0065】光記録再生用ヘッド4000は、記録媒体用駆動モータ4005によって回転している記録媒体4004上で発生する気流とスキー部41との相互作用によって、記録媒体4004から一定の距離を保って浮いており、その浮上量は10～100nm程度である。したがって、開口8の位置も、記録媒体4004から10～200nm程度離れた位置にある。半導体レーザ4002から出射された光は、レンズ4003によって集光され

光記録再生用ヘッド4000に導入される。光記録再生用ヘッド4000に導入された光は、開口8から近視野光となって記録媒体4004に向けて照射される。記録媒体4004は、たとえば、熱を加えることによってアモルファス状態あるいは結晶状態になり、その反射率や透過率の違いを利用して記録再生を行う相変化記録媒体である。この場合、たとえば、情報記録は、開口8から発生した近視野光を記録媒体4004に照射することによって、記録媒体4004上の近視野光が照射された領域を結晶状態からアモルファス状態に変化させることによって行われる。開口8と記録媒体4004の距離が、10〜200nmであるので、開口8から記録媒体4004に照射される近視野光の大きさは開口8とほぼ同等の大きさとなり、たとえば100nmの径を有している。したがって、図18に示す光記録再生用ヘッド4000は、容易に高密度記録が可能である。

【0066】一方、情報再生は、たとえば、以下に説明するように行う。まず、光記録再生用ヘッド4000の制御回路4006は、所望の情報記録位置上に微小開口が移動するように、サーボ駆動回路4008に信号を送る。サーボ駆動回路4008から信号を受けたサーボモータ4009は、サスペンション4011を介して光記録再生用ヘッド4000全体を移動させ、開口8を情報記録位置に移動させる。次に、開口8から近視野光を記録ビット上に照射し、記録媒体4004を透過した伝搬光を集光レンズ系4010で受光素子4007上に集め、情報信号を得る。得られた情報信号は、制御回路4006に送られ、たとえば、信号強度を比較して開口8と記録ビットとの位置ずれを検知する。開口8と記録ビットの位置がずれている場合、位置ずれを修正するように制御回路4006からサーボ回路4008に信号が送られ、サーボ回路4008がサーボモータ4009を駆動する。また、記録媒体4004を透過した伝搬光は、たとえば、記録媒体のアモルファス状態と結晶状態の透過率の違いを含んで受光素子4007上に集光される。この透過率の違いの情報が、情報信号として検知される。得られた情報信号は、図には記述していない信号処理回路を経て再生信号に変換される。

【0067】光記録再生用ヘッド4000の製造方法を図20から図22を用いて説明する。なお、以下では、図面上側をおもて面、下側を裏面とする。

【0068】図20(a)は、透明材料403とチップ用マスク405およびストッパー用マスク406を形成する工程を説明する図であり、図18(a)中C-C'で示す位置に相当する断面図である。基板402上に透明材料403が形成され、透明材料403上にはチップ用マスク405とストッパー用マスク406が形成されている。また、基板402の透明材料403が形成された面と反対側には、裏面マスク材404が形成されてい

る。基板402は、たとえばシリコンや二酸化珪素などを用いる。透明材料403は、本発明の実施の形態1における透明材料103と同じである。また、チップ用マスク405およびストッパー用マスク406の材料は、本発明の実施の形態1におけるチップ用マスク101とストッパー用マスク102と同じである。チップ用マスク405およびストッパー用マスク406の形状および寸法は、本発明の実施の形態1で説明したチップ用マスク101およびストッパー用マスク102の関係と同じである。

【0069】図20(b)は、チップ1およびストッパー407を形成する工程を説明する図であり、図18(a)中C-C'で示す位置に相当する断面図である。図20(a)で説明した工程の後、等方性エッチングによって透明材料403を図20(b)に示すように加工する。このとき、チップ用マスク405の下にはチップ1が形成され、ストッパー用マスク406の下には、ストッパー407が形成される。チップ1とストッパー407の高さの関係は、本発明の実施の形態1で説明した、チップ1とストッパー2の関係と同じである。

【0070】図20(c)および図20(d)は、ステップ面413を形成する工程を説明する図であり、図20(b)で説明した工程の後、チップ用マスク405およびストッパー用マスク406をウェットエッチングまたはドライエッチングによって除去し、おもて面側にマスク408となる材料を堆積する。図20(c)および同図(d)に示すようにマスク408は、チップ1を完全に覆い、ストッパー407の一部を露出した形状である。その後、フォトリソグラフィー工程によってバタニングを行いマスク408を形成する。マスク408を形成した後、透明材料403をドライエッチングによって加工し、ステップ面413を形成する。マスク408の材料は、透明材料403の材質によって異なるが、フォトリソ、窒化珪素などの誘電体やアルミニウムやチタンなどの金属が用いられる。

【0071】図21(a)および同図(b)は、遮光膜409を形成する工程を説明する図であり、図21(a)は、図18(a)中C-C'で示す位置に相当する断面図であり、図21(b)は、図18(a)中B-B'で示す位置に相当する断面図である。ステップ面413を形成したのち、おもて面から遮光膜409を堆積し、フォトリソグラフィー工程によって図21(a)および同図(b)に示すようにバタニングを行う。このとき、チップ1は、遮光膜409によって完全に保護される。また、ストッパー407上の遮光膜409は、図18(a)中のスキー部41に相当する部分にだけ形成される。遮光膜409の材料および厚さは、実施の形態1で説明した遮光膜3と同様である。

【0072】図21(c)および同図(d)は、スキー部状ストッパー410を形成する工程を説明する図であ

10

20

30

40

50

り、図21(c)は、図18(a)中C-C'で示す位置に相当する断面図であり、図21(d)は、図18

(a)中B-B'で示す位置に相当する断面図である。遮光膜409を形成した後、ストッパー407の遮光膜409で覆われていない部分をリアクティブイオンエッチング(RIE)をはじめとする異方性ドライエッチングによって除去することによって、スキー部状ストッパー410を形成する。また、異方性ドライエッチングだけではなく、等方性ドライエッチングや、等方性ウエットエッチング、異方性ウエットエッチングなどの方法によってもスキー部状ストッパー410を形成する事ができる。

【0073】図21(e)および図22(a)は、チップ1の先端に開口8を形成する工程を説明する図であり、図21(e)および図22(a)は、図18(a)中C-C'で示す位置に相当する断面図である。これまでに説明した工程によって、チップ1とスキー部状ストッパー410の高さの関係は、実施の形態1で説明したチップ1とストッパー2の関係と同じである。したがって、実施の形態1で説明したように図21(e)に示すように遮光膜409上に板411を配置し、所定の力Fでチップ1上の遮光膜を変形させることによって、図22(a)に示すようにチップ1の先端に開口8を形成する事ができる。

【0074】図22(b)および同図(c)は、スキー部状ストッパー410上の遮光膜409を除去する工程および光導入口形成用パターン414を形成する工程を説明する図であり、両図とも開口8を形成した後、チップ1、チップ1上の遮光膜409、および開口8を覆うようなマスク412を図22(b)に示すように形成する。マスク412は、フォトレジストを用いる。マスク412を形成した後、遮光膜409をウエットエッチングやドライエッチングによって除去する。また、裏面マスク材404をフォトリソグラフィ工程によってパターンニングし、図22(c)に示すように光導入口形成用パターン414を形成する。光導入口形成用パターンを形成するときには、おもて面側をフォトレジストなどによって保護する。

【0075】図22(d)は、光導入口42を形成する工程を説明する図であり、図18(a)中C-C'で示す位置に相当する断面図である。光導入口形成用パターン414を形成した後、基板402が単結晶シリコン基板の場合、TMAHやKOHなどによる結晶異方性エッチングによって基板402を貫通しチップ1が裏面からみえて露出するような光導入口42を形成する。また、光導入口42は、結晶異方性エッチングの他に、ドライエッチングや等方性のウエットエッチングによっても形成できる。光導入口42を形成した後、裏面マスク材404をウエットエッチングによって除去する。なお、裏面マスク材404を除去せずに次の工程に進んでも良い。スライダ

ーコア45の外形を形成するために、ダイシングによって基板402を切断し、光記録再生用ヘッド4000が形成される。これまでに説明したスキー部状ストッパー410、遮光膜409、および基板402は、それぞれ図18中のスキー部41、遮光膜3およびスライダコア45に相当する。

【0076】以上説明したように、本発明の実施の形態4にかかる光記録再生用ヘッド4000の製造方法によれば、スキー部41に相当する部分がストッパーとなつて実施の形態1で説明した簡単な方法によってチップ1の先端に開口8を形成する事ができる。また、スキー部41の高さH3を、チップ1の高さH1と同じか、チップ1の高さH1よりも100nm程度まで高くする事が容易である。このため、本方法で作製された光記録再生用ヘッド4000は、チップ1の先端に形成された開口8と記録媒体との間隔を小さくすることが容易となる。さらに、開口8と記録媒体4004の間隔が小さいため、開口8から出射される近接場光の記録媒体4004上でのスポットサイズは、ほぼ開口8の大きさと同一になり、高密度な記録ビットを形成したり、再生する事ができる。

【0077】(実施の形態5)次に、図23から図25を用いて本発明の実施の形態5にかかる開口形成方法について説明する。なお、実施の形態1と重複する部分は同じ符号を用いて説明する。

【0078】図23(a)は基板4上に複数のチップ51が配置されている状態を示している。図23(a)において、代表的なチップ51をチップ1と示している。図23(b)は、図23(a)中A-A'で示す位置に相当する断面図である。チップ51の高さは、チップ1と同じ高さである。チップ51のそれぞれの間隔は、チップ51の高さにもよるが100nmから数10nmである。チップ1およびチップ51は、実施の形態1で図4から図5を用いて説明した工程において、ストッパー用マスク102の代わりに複数のチップ用マスク101を配置したパターンを用いることで作製される。

【0079】次に、図23(c)に示すように、チップ1およびチップ51上に遮光膜3を堆積する。

【0080】次に、図24(a)に示すように、遮光膜3の上に板6を載せ、所定の力Fをチップ1に加える。このとき、チップ1の周囲のチップ51が、実施の形態1で説明したストッパー2の役割として機能し、図24(b)に示すように、チップ1の先端に開口8が形成される。

【0081】チップ1の先端に開口8を形成した後、チップ1の隣のチップ51に力Fを加えることによって、チップ1の隣のチップ51の先端にも開口8を形成する事ができる。以後、順次チップ51に力Fを加えていくことによって、それぞれのチップ51の先端に開口8を形成することができる。

【0082】また、図25に示すように、複数のチップ

51およびチップ1が形成されたワーク5000上に板6を載せ、ローラー52に所定の力Fを加え、矢印54の方向にローラー52を回転させていくことによって、チップ51およびチップ1の先端の遮光膜3が押しつぶされ、それぞれのチップ51およびチップ1の先端に開口8が形成できる。

【0083】以上説明したように、本発明の実施の形態5によれば、チップ1の周囲のチップ51がストッパーとして機能し、簡単に開口8をチップ1の先端に形成することができるとともに、同様のことを繰り返していくことによって、チップ51のそれぞれに開口8を形成する事ができる。また、ローラー52によって一度に複数のチップ51およびチップ1に力Fを加えることによって、開口8をチップ51およびチップ1の先端にそれぞれ形成する事ができ、一つ一つ力Fを加えるよりも短時間で開口8を形成する事ができる。

(実施の形態6) 次に、本発明の実施の形態6にかかる開口形成方法およびその開口形成方法によって作製される近接場光デバイスについて説明する。なお、本発明の実施の形態1と同じ部分については、同じ符号を用いて説明する。図26(a)および図A-A'の位置に相当する断面図である同図(b)に示すワーク6000は、基板4と基板4上に形成された透明体5、透明体5上に形成されたチップ1およびストッパー62から形成される。ストッパー62の形状は台円錐状であり、その高さH6は、チップ1の高さと同じかそれよりも100nm程度まで高い。また、ストッパー62の間隔L6は、100~500nm程度であり、チップ1の周囲に規則正しく配置される。なお、透明体5はワーク6000の構成要素のなかに無くても良い。

【0084】図26(c)に示すように、ワーク6000の上に遮光膜63を形成する。遮光膜63の材料は、金、銀、銅などの金属である。遮光膜63の厚さは、用いる材料にもよるが、10~200nm程度である。

【0085】実施の形態1で説明したように、図27(a)に示すように遮光膜3の上に板6を載せ、所定の力Fでチップ1先端の遮光膜63を押しつぶし、図27(b)に示すように、チップ1先端に開口8を形成する。開口8に光を導入するために、基板4をチップ1の形成面と反対側からエッチングすることによって透明体5またはチップ1およびストッパー62を裏面からみて露出させて、開口8への光の導入口を形成する。また、基板4を透明材料103で構成することによって、光の導入口を形成する工程を省くことができる。

【0086】チップ1およびストッパー62に基板4側から光を照射することによって、開口8から近接場光が発生する。このとき、規則正しく配置されたストッパー62とストッパー62上に形成された遮光膜63によって、表面プラズモン効果が発生し、開口8だけの場合に比べて、2倍以上の光量が開口8から出射される。

【0087】以上説明したように、本発明の実施の形態6によれば、規則正しく配置されたストッパー62とその表面に形成された遮光膜63によって、表面プラズモン効果が発生し、開口8から出射される近接場光の光量が向上する。

【0088】

【発明の効果】本発明の実施の形態1によれば、チップ1とストッパー2の高さを良好に制御することができ、かつ、ストッパー2を設けることによって板6の変位量を小さくすることができるため、分解能の高いアクチュエータを用いなくても、大きさが均一で微小な開口8をチップ1先端に形成する事が容易である。我々の実験では、手に持ったハンマーなどで、押し込み用具7を叩くだけで直径100nm以下の開口8を形成する事ができた。また、チップ1とストッパー2の高さが良好に制御されるため、開口8の作製歩留まりが向上した。また、本発明の実施の形態1で説明したワーク1000は、フォトリソグラフィ工程によって作製可能なため、ウエハなどの大きな面積を有する試料に、複数個作製することが可能であり、力Fを一定にすることによって複数個作製されたワーク1000それぞれに対して均一な開口径の開口8を形成する事ができる。また、力Fの大きさを変えることが非常に簡単なため、複数個作製されたワーク1000に対して個別に開口径の異なる開口8を形成する事が可能である。また、単純に力Fを加えるだけで開口8が形成されるため、開口作製にかかる時間は数秒から数10秒と非常に短い。また、本発明の実施の形態1によれば、加工雰囲気と問わない。従って、大気中で加工する事が可能でありすぐに光学顕微鏡などで加工状態を観察できる。また、走査型電子顕微鏡中で加工することによって、光学顕微鏡よりも高い分解能で加工状態を観察することも可能である。また、液体中で加工することによって、液体がダンパーの役目をするため、より制御性の向上した加工条件が得られる。また、ストッパー2を目印として用い、押し込み用具7とチップ1の位置あわせを容易に行うことができる。

【0089】また、ワーク1000が複数個作製された試料に対して、一括で力Fを加えることによって、開口径のそろった開口8を一度に複数個作製する事も可能である。一括で加工する場合、ウエハ一枚あたりのワーク1000の数にもよるが、開口1個あたりの加工時間は、数100ミリ秒以下と非常に短くなる。

【0090】本発明の実施の形態2にかかるSNOM用カンチレバーの製造方法によれば、硬い基板上で開口を形成することができるため、本発明の実施の形態1で説明した開口形成方法を用いることができる。また、本発明の実施の形態2にかかるSNOM用カンチレバーの製造方法によれば、ストッパー2を除去する工程を含んでいる。したがって、SNOM用カンチレバー2000の構成要素にストッパー2が含まれず、ストッパー2が測定の際に

なるようなことがない。したがって、本発明の実施の形態2によれば、大きさが均一な開口を有するSNOM用カンチレバーを大量に製造することが容易である。また、本発明の実施の形態2にかかるSNOM用カンチレバーの製造方法によれば、ガラス板208の変位量が大きい場合、図17に示すようにチップ1の先端が遮光膜8よりも突出した構造となる。したがって、SNOM用カンチレバー2000を用いた場合、AFM像やSNOM像の分解能が向上する。また、開口形成にかかる費用が少ないため、SNOM用カンチレバーの製造コストを低減できる。また、任意の大きさの開口8を一枚のウエハ上に作製することができるため、さまざまな分解能を有するSNOM用カンチレバー2000を同時に作製する事ができる。

【0091】また、本発明の第3の実施の形態によれば、カンチレバーのリリース工程前にストッパー2を除去するため、カンチレバーリリース工程でストッパー2による残留物が発生しない。したがって、カンチレバーやチップ表面にゴミなどの付着がより少なくなる。

【0092】本発明の実施の形態4にかかる光記録再生用ヘッド4000の製造方法によれば、スキー部41に相当する部分がストッパーとなって実施の形態1で説明した簡単な方法によってチップ1の先端に開口8を形成する事ができる。また、スキー部41の高さH3を、チップ1の高さH1と同じか、チップ1の高さH1よりも100nm程度まで高くする事が容易である。このため、本方法で作製された光記録再生用ヘッド4000は、チップ1の先端に形成された開口8と記録媒体との間隔を小さくすることが容易となる。さらに、開口8と記録媒体4004の間隔が小さいため、開口8から出射される近接場光の記録媒体4004上でのスポットサイズは、ほぼ開口8の大きさと同一になり、高密度な記録ビットを形成したり、再生する事ができる。

【0093】本発明の実施の形態5によれば、チップ1の周囲のチップ51がストッパーとして機能し、簡単に開口8をチップ1の先端に形成することができるとともに、同様のことを繰り返していくことによって、チップ51のそれぞれに開口8を形成する事ができる。したがって、ストッパー2を形成することなくチップ1およびチップ51だけを形成し、チップ1または/およびチップ51先端の遮光膜3を押しつぶすだけで開口8を形成する事ができるため、開口8を同一面積内に集積して形成する事が容易になる。また、ローラー52によって一度に複数のチップ51およびチップ1に力Fを加えることによって、開口8をチップ51およびチップ1の先端にそれぞれ形成する事ができ、一つ一つ力を加えるよりも短時間に開口8を形成する事ができる。

【0094】本発明の実施の形態6によれば、規則正しく配置されたストッパー62とその表面に形成された遮光膜63によって、表面プラズモン効果が発生し、開口8から出射される近接場光の光量が向上する。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施の形態1に係る開口の形成方法について説明した図である。

【図2】本発明の実施の形態1に係る開口の形成方法について説明した図である。

【図3】本発明の実施の形態1に係る開口の形成方法について説明した図である。

【図4】ワーク1000の製造方法について説明した図である。

【図5】ワーク1000の製造方法について説明した図である。

【図6】ワーク1000の作製方法におけるチップ1とストッパー2の高さの関係を説明する図である。

【図7】ワーク1000の作製方法におけるチップ1とストッパー2の高さの関係を説明する図である。

【図8】本発明の実施の形態2にかかるSNOM用カンチレバーの製造工程を説明する図である。

【図9】本発明の実施の形態2にかかるSNOM用カンチレバーの製造工程を説明する図である。

【図10】本発明の実施の形態2にかかるSNOM用カンチレバーの製造工程を説明する図である。

【図11】本発明の実施の形態2にかかるSNOM用カンチレバーの製造工程を説明する図である。

【図12】チップ1、ストッパー2およびレバー401の位置関係を示した図である。

【図13】チップ1、ストッパー2およびレバー401の位置関係を示した図である。

【図14】チップ1、ストッパー2およびレバー401の位置関係を示した図である。

【図15】チップ1、ストッパー2およびレバー401の位置関係を示した図である。

【図16】本発明の第2の実施例に関するSNOM用カンチレバー2000の構成を示した図である。

【図17】チップ1と遮光膜8の位置関係を説明した図である。

【図18】近接場光をもちいた光記録再生用ヘッド4000の構成を説明した図である。

【図19】光記録再生装置4000の簡単な装置構成を示した図である。

【図20】光記録再生用ヘッド4000の製造方法を説明した図である。

【図21】光記録再生用ヘッド4000の製造方法を説明した図である。

【図22】光記録再生用ヘッド4000の製造方法を説明した図である。

【図23】本発明の実施の形態5にかかる開口形成方法について説明した図である。

【図24】本発明の実施の形態5にかかる開口形成方法について説明した図である。

【図25】本発明の実施の形態5にかかる開口形成方法

について説明した図である。

【図26】本発明の実施の形態6にかかる開口形成方法について説明した図である。

【図27】本発明の実施の形態6にかかる開口形成方法について説明した図である。

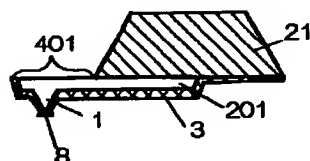
【符号の説明】

1 チップ
2 ストッパー
3 遮光膜
4 基板
5 透明層
6 板
7 押し込み用具
8 開口
21 基部
41 スキー部
42 光導入口
43 スライダー面部
44 ステップ部
45 スライダー基部
45 チップ
52 ローラー
62 ストッパー
63 遮光膜
101 チップ用マスク
102 ストッパー用マスク
103 透明材料
104 基板材料
201 透明材料
202 基板
203 裏面マスク
204 マスク
205 ストッパー用マスク
206 レバー用マスク
207 遮光膜
208 ガラス板
209 保護膜
210 ストッパー保護マスク

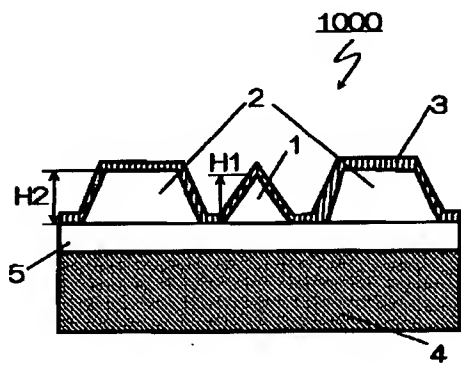
211 レバー
212 ストッパー部
213 レバー部
401 カンチレバー
402 基板
403 透明材料
404 裏面マスク材
405 チップ用マスク
406 ストッパー用マスク
10 407 ストッパー
408 マスク
409 遮光膜
410 スキー部状ストッパー
411 板
412 マスク
413 ステップ面
414 光導入口形成用パターン
1000 ワーク
4000 光記録再生用ヘッド
20 4002 半導体レーザ
4003 レンズ
4004 記録媒体
4005 記録媒体用駆動モータ
4006 制御回路
4007 受光素子
4008 サーボ回路
4009 サーボモータ
4010 集光レンズ系
4011 サスペンション
30 5000 ワーク
6000 ワーク
F 力
H1 チップの高さ
H2 ストッパーの高さ
H3 スキー部の高さ
L4 光記録再生用ヘッドの長さ
W4 光記録再生用ヘッドの幅
T4 光記録再生用ヘッドの厚さ

【図16】

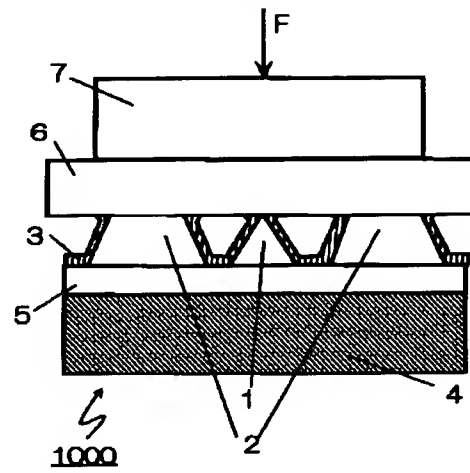
2000
4



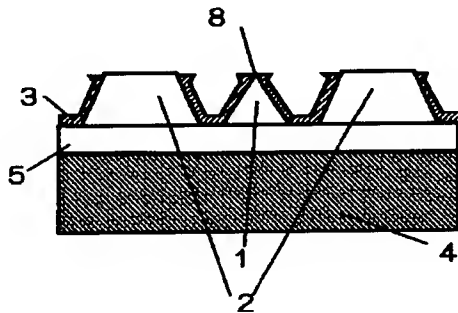
【図1】



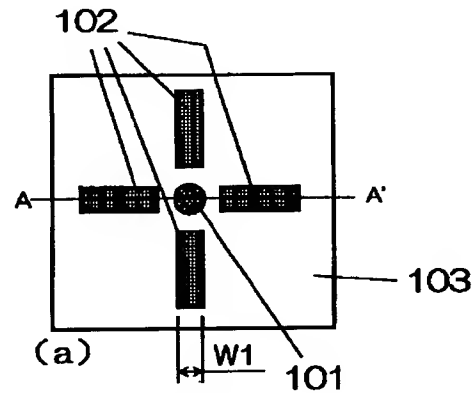
【図2】



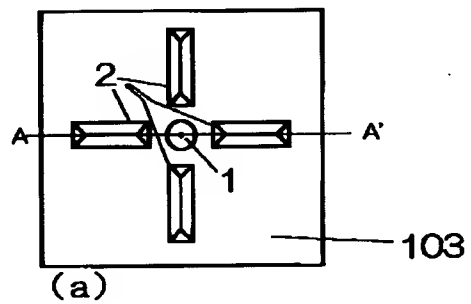
【図3】



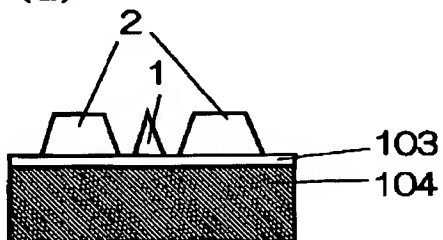
【図4】



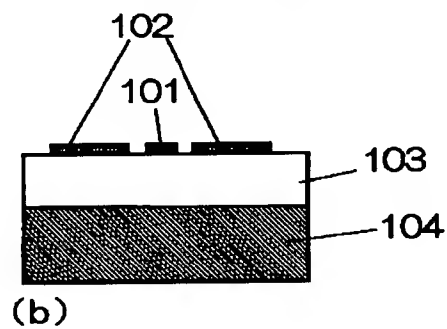
【図5】



(a)

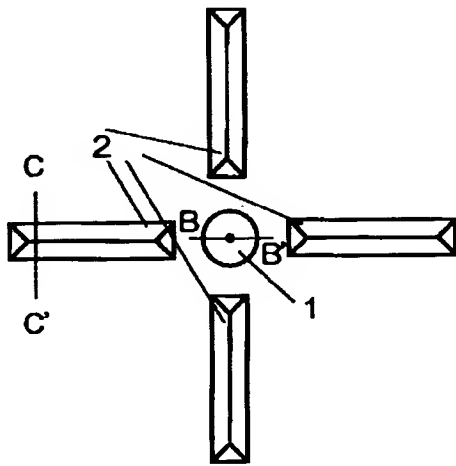


(b)

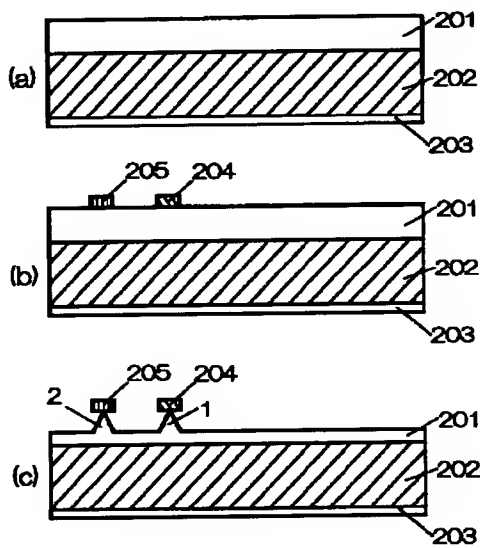


(b)

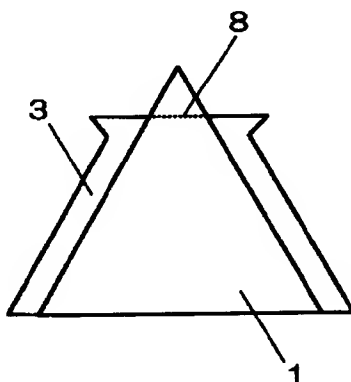
【図6】



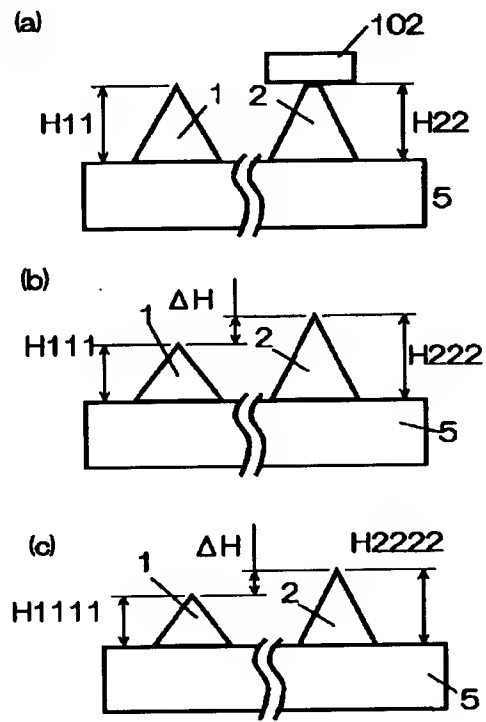
【図8】



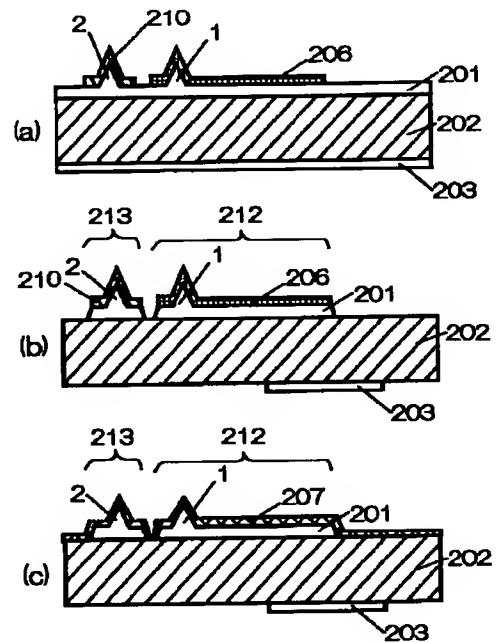
【図17】



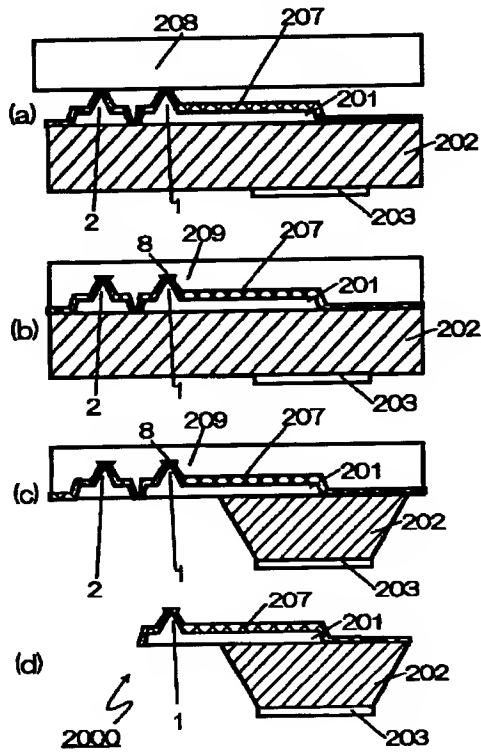
【図7】



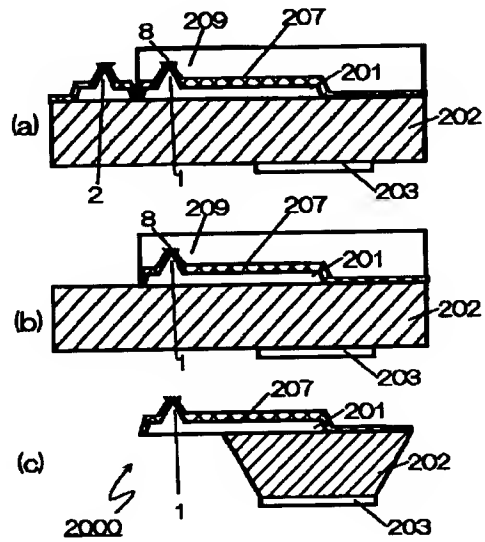
【図9】



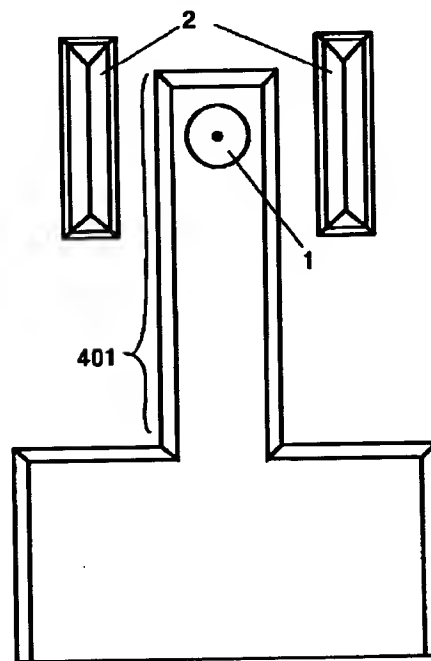
【図10】



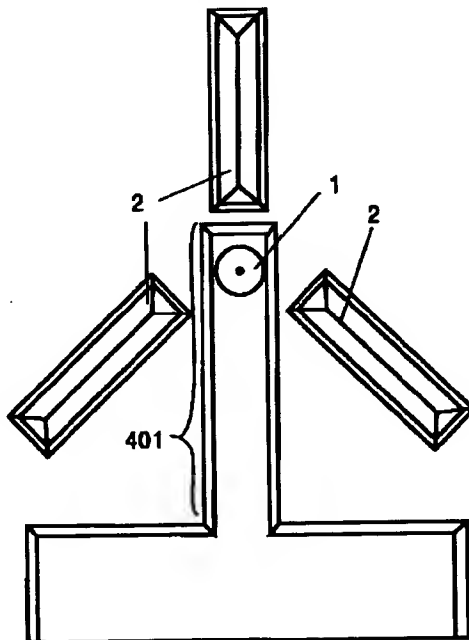
【図11】



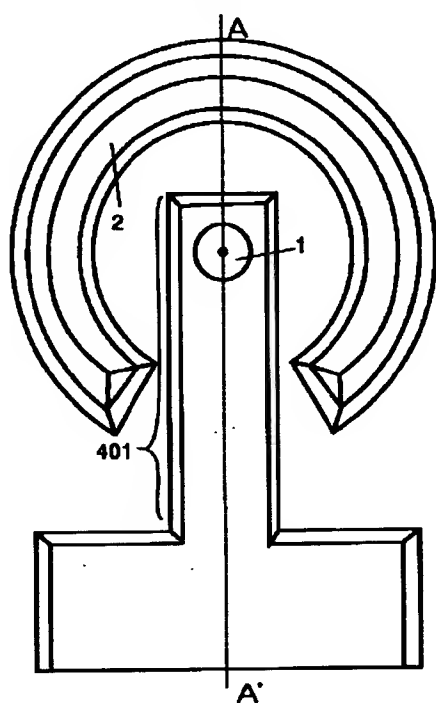
【図13】



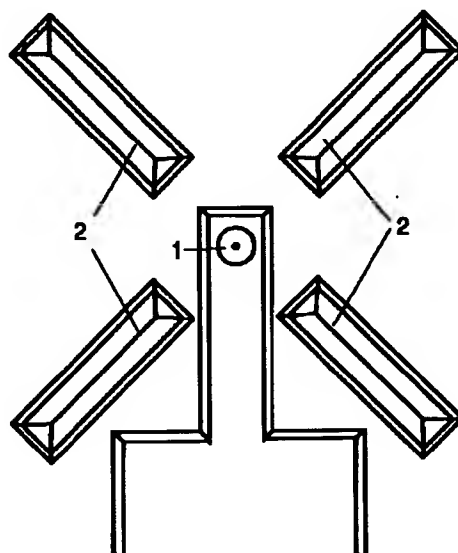
【図12】



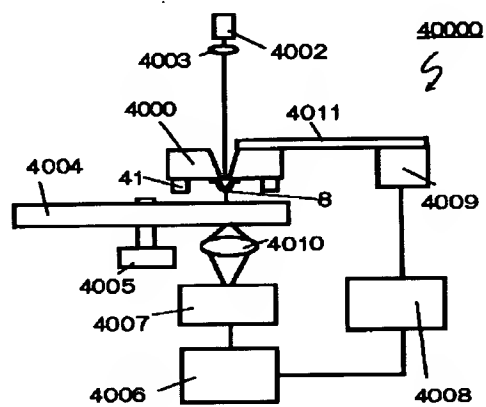
【図14】



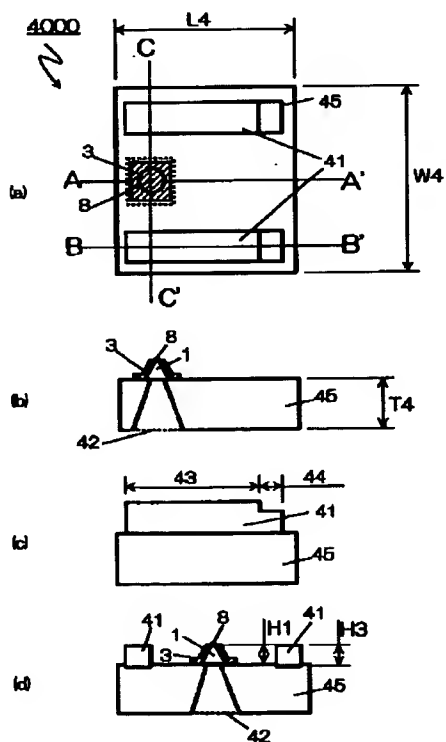
【図15】



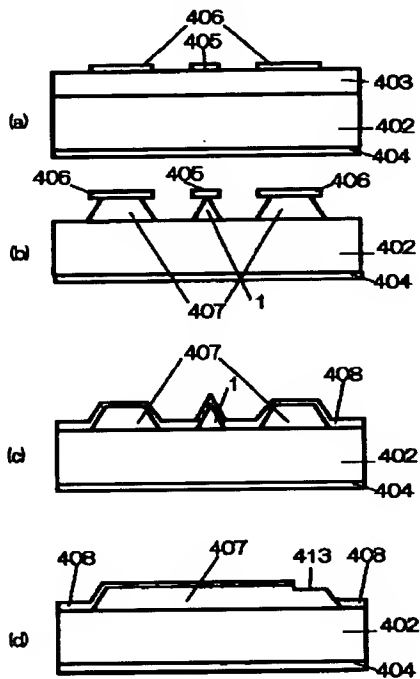
【図19】



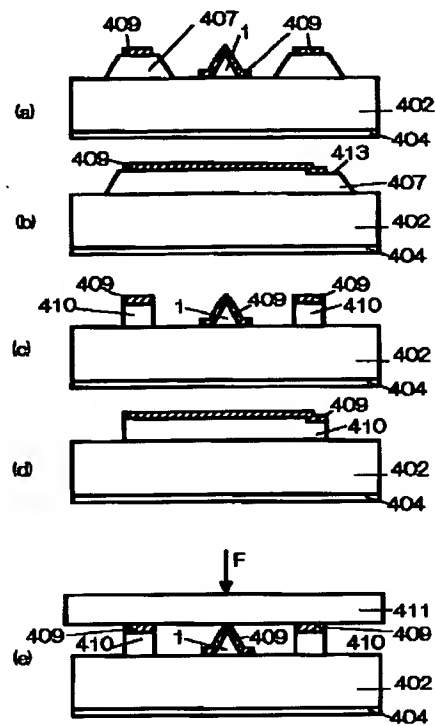
【図18】



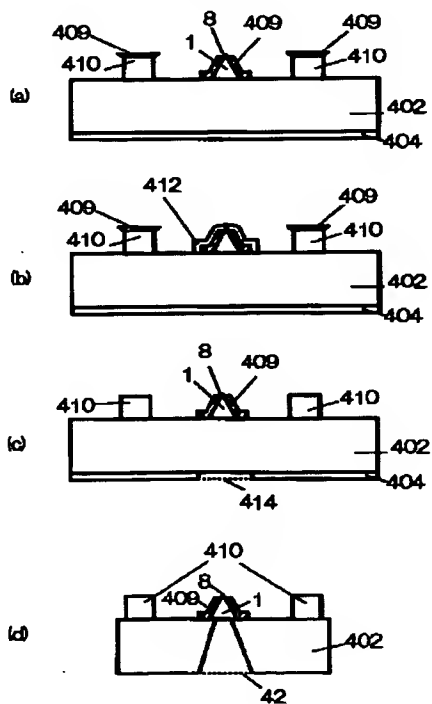
【図20】



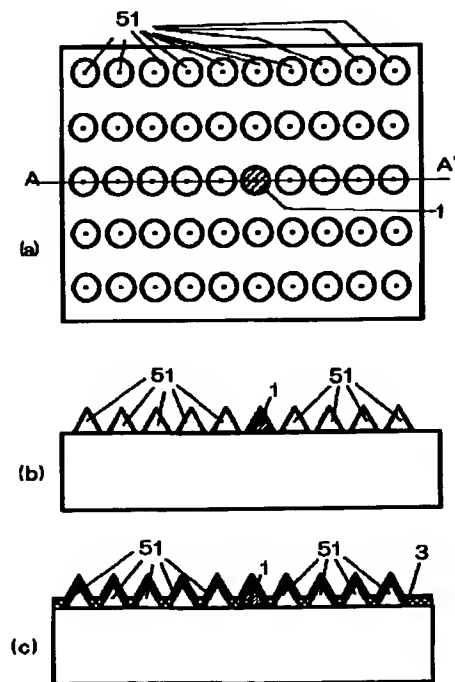
【図21】



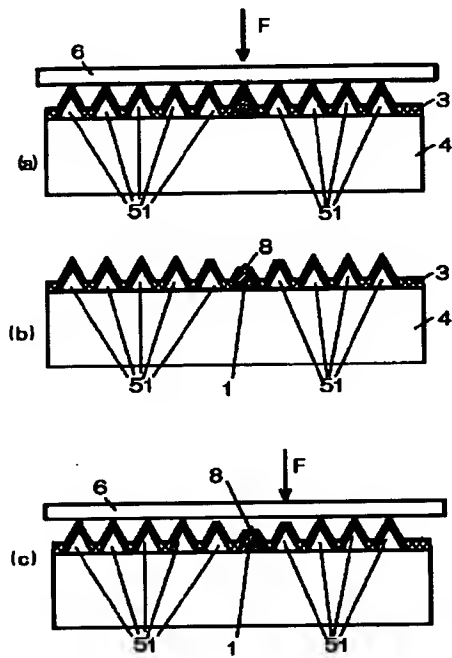
【図22】



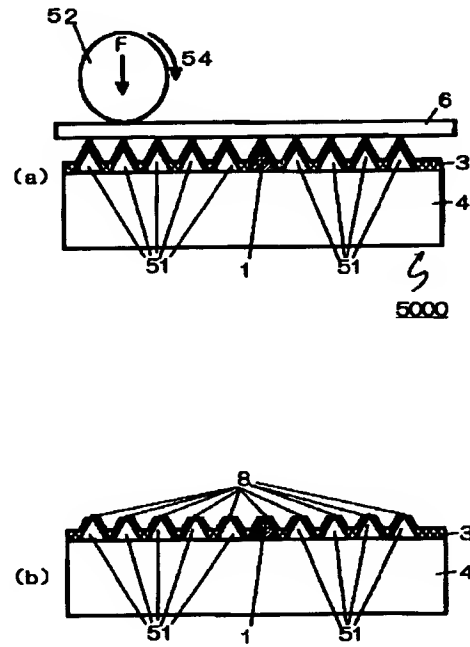
【図23】



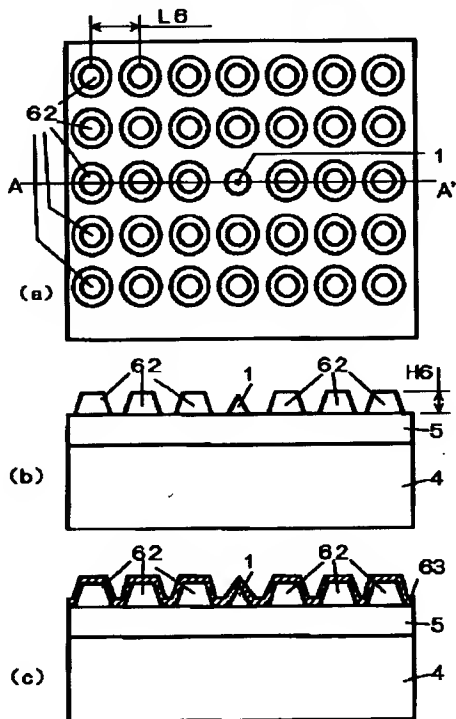
【図24】



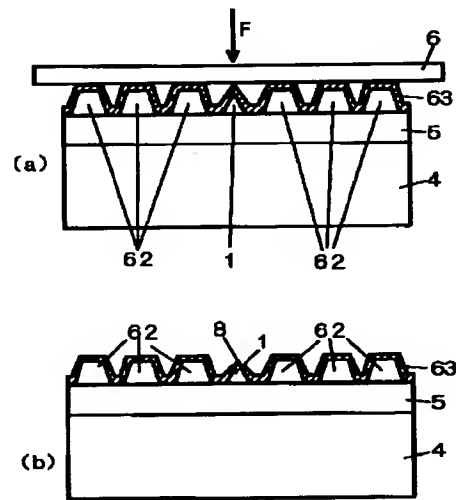
【図25】



【図26】



【図27】



フロントページの続き

(72)発明者 大海 学

千葉県千葉市美浜区中瀬1丁目8番地 株
式会社エスアイアイ・アールディセンター
内

(72)発明者 市原 進

千葉県千葉市美浜区中瀬1丁目8番地 株
式会社エスアイアイ・アールディセンター
内

(72)発明者 光岡 靖幸

千葉県千葉市美浜区中瀬1丁目8番地 株
式会社エスアイアイ・アールディセンター
内

(72)発明者 笠間 宣行

千葉県千葉市美浜区中瀬1丁目8番地 株
式会社エスアイアイ・アールディセンター
内

(72)発明者 前田 英孝

千葉県千葉市美浜区中瀬1丁目8番地 株
式会社エスアイアイ・アールディセンター
内

(72)発明者 篠原 陽子

千葉県千葉市美浜区中瀬1丁目8番地 株
式会社エスアイアイ・アールディセンター
内